

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

OBRÁBĚNÍ ŠTÍTU ELEKTROMOTORU

ELECTROMOTOR SHIELD MACHINING

Student:

Odstrčil Radek

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2010

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21.5.2010

Odstrčil Radek
.....

Odstrčil Radek

Prohlašuji, že

- Jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21.5.2010



Odstrčil Radek

Adresa trvalého pobytu:

Odstrčil Radek

Svébohov 21

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

ODSTRČIL R. [Obrábění štítu Elektromotoru-opracování čela motorové strany na hrubo].

Ostrava: Katedra obrábění a montáže VŠB- Technická univerzita Ostrava, Diplomová práce: doc.Ing.Vrba Vladimír, CSc.

Tato Bakalářská práce je zaměřena na obrábění čelní motorové strany dvěma zvolenými nástroji. Nástroj byl zvolen od firmy Kennametal a Walter. Polotovarem štítů je odlitek ze šedé litiny ČSN 422415. Práce je zachycena na konkrétní obrobek a konkrétní stroj, na kterém se prováděly všechny experimenty. Popisovaným obráběcím strojem je EMAG VSC 315. V následných kapitolách jsou uvedeny provedené zkoušky jednotlivých nástrojů s uvedením jejich dosažených výsledků. V závěru této práce je uvedeno technické a ekonomické zhodnocení testů.

ANNOTATION BACHELORS

ODSTRČIL R. [Electromotor Shield Machining-head of the working motor to coarse].

Ostrava:Department,of Machining and Assembly VŠB – Technical University of Ostrava, Bachelor's Dissertation: doc.Ing. Vrba Vladimír, CSc.

This bachelors thesis is aimed at cutting the frontal motor two selected instruments. Instruments was chosen by the company of Walter and Kennametal. The Blank slate is gray iron casting of ČSN 422415. The work is captured on a particular workpiece and the particular machine on which to carry out all experiments. The machine tools is described EMAG VSC 315. In subsequent chapters are presented by testing different instruments, indicating jejich achievements. In conclusion, this study indicated the technical and economic evaluation tests.

Obsah

1. ÚVOD	8
2. CHARAKTERISTIKA SIEMENS S.R.O MOHELNICE	9
2.1 SIEMENS AG	9
2.2 SIEMENS v ČR	9
2.3 SIEMENS Elektromotory s.r.o	10
2.4 Popis sortimentu vyráběných výrobků	11
3. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA POLOTOVARU	15
3.1 Polotovar ložiskového štítu elektromotoru	15
3.2 Základní charakteristika litin	16
3.3 Charakteristika šedé litiny	17
3.4 Běžné materiály používané na nástroje pro obrábění kovů	19
4. CHARAKTERISTIKA STROJNÍHO VYBAVENÍ	25
4.1 Stroje na obrábění štítu elektromotoru	25
4.2 Obrábění štítu elektromotoru	26
4.3 Návrh technologie obrábění štítu	30
5. POPIS A VÝSLEDKY EXPERIMENTU	36
5.1 Testy a výsledky nástrojů	36
5.2 Hrubování čela motorové strany	36
6. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ	40
6.1 Výpočet hospodárnosti pro zkoušené nástroje	40
7. ZÁVĚR	46
8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	47
9. SEZNAM PŘÍLOH	48

SEZNAM POUŽITÉHO ZNAČENÍ

<u>ZKRATKA</u>	<u>VÝKLAD</u>	<u>JEDNOTKA</u>
B3	tvar ložiskového štítu- základní štít- víko- tvar IM1081	
B5	tvar ložiskového štítu- příruby – IM 3081	
HB	Stupeň tvrdosti podle Brinella	
NO	Nástrojová ocel	
RO	Rychlořezná ocel	
SK	Slinutý karbid	
LOS	Legované oceli za studena	
LOT	Legované oceli za tepla	
HRC	Stupeň tvrdosti podle Rockwella	
PVD	Physical vapou depositon – fyzikální napařování	
CVD	Chemical vapou deposition – chemické napařování	
KNB	Kubický nitrid boru (CNB)	
HV	Stupeň tvrdosti podle Vickerse	
VBD	Výměnná břitová destička	
R	Rádus výměnné destičky	[mm]
Vc	Řezná rychlost	[m.min ⁻¹]
S	Posuv na otáčku	[mm]
a_p	Hloubka řezu	[mm]
CNC	(Computer numerical control) systém s PC a programem	

1. ÚVOD

Tato bakalářská práce je zpracovávána ve firmě SIEMENS Elektromotory s.r.o. závod Mohelnice pro její praktické využití, konkrétně na obrobně slévárny, kde se obrábí odlitky ze šedé litiny.

V této práci je popsána jedna z možností, jak snížit náklady na obrábění jedné z hlavních částí elektromotorů, které se ve firmě SIEMENS Mohelnice vyrábějí. Konkrétně se jedná o ložiskový štít elektromotoru. Vzhledem k důležitosti mechanické funkce ložiskového štítu elektromotoru, musí být tento štít vyráběn v zadaných tolerancích dle výkresu. Z tohoto důvodu vyplývají velké požadavky na rozměrovou a tvarovou přesnost opracování obráběných ploch tohoto štítu. Této přesnosti je dosahováno za použití správných řezných podmínek, správnou volbou řezného nástroje, dodržování předepsaného technologického postupu a stanovených výrobních předpisů. Hlavním cílem této práce bylo porovnávání dvou řezných nástrojů a následné hospodárné vyhodnocení.

V úvodu práce je v krátkosti zachycena historie jak koncernu SIEMENS AG, tak i historie české pobočky SIEMENS Elektromotory a dnešního závodu v Mohelnici. Také jsou zde uvedeny ve stručnosti některé důležité hospodářské výsledky této firmy. V další části této práce je uvedeno současné strojní vybavení a charakteristika obráběného polotovaru včetně charakteristiky šedé litiny, z které je daný polotovar vyroben. V dalším bodě je zpracován technologický postup opracování ložiskového štítu a popsáno současné nástrojové vybavení, které se při obrábění na daném dílci podílí. V následující části jsou uvedeny a vyhodnoceny výsledky experimentů, které byli prováděny přímo ve výrobě. Následuje technické a ekonomické vyhodnocení těchto pokusů a závěrem je provedeno celkové zhodnocení celé bakalářské práce.

2. CHARAKTERISTIKA SIEMENS S.R.O. MOHELNICE

2.1 SIEMENS AG

V dnešní době, žijeme v době globalizace. Celý podnikatelský svět se setkává na mezinárodních podnikatelských trzích, na který se již asi 15 let snaží proniknout také firmy sídlící v České republice.

Ale doba patnácti let je ovšem velmi krátká doba na to, aby firmy sídlící v České republice nějak významně pronikly na tyto zahraniční trhy.

Z velké části se to povedlo pouze firmám, do kterých přišel silný investor ze zahraničí. Jednou z firem, do kterých takový investor přišel, je bývalý závod MEZ Mohelnice, který vyráběl asynchronní motory malých výkonů. Tento závod dnes patří do koncernu SIEMENS AG.

Firma SIEMENS AG byla založena před více než 150 lety a v dnešní době patří mezi největší světové elektrotechnické koncerny. Tato firma jako jediná na světě pokrývá prakticky celé spektrum elektroniky a elektrotechniky. Ve svých 16 divizích zaměstnává asi 440 000 pracovníků ve 193 zemích světa. Aktivita firmy SIEMENS se soustřeďují do 9 hlavních oblastí: Informace a komunikace, Automatizace a řízení, Doprava, Energetika, Domácí spotřebiče, Zdravotnictví, Osvětlení, Elektronické součástky a Logistika. Každoročně Siemens vydává zhruba 10% obratu na nové investice a zhruba stejnou částku na vývoj, výzkum a vzdělání.

2.2 SIEMENS v ČR

V České republice bylo zastoupení společnosti SIEMENS AG obnoveno v roce 1990. V současné době tvoří skupinu firem SIEMENS v České republice 23 Společností. Ve 14 z nich má SIEMENS 100% podíl. SIEMENS zaměstnává více než 12500 zaměstnanců a patří tak mezi největší zaměstnavatele v zemi. SIEMENS v České republice podniká v oblastech Informace a komunikace, Automatizace a řízení, Doprava, Energetika, Domácí spotřebiče, Zdravotnictví, Osvětlení, Elektronické součástky a Logistika.[1]

2.3 SIEMENS Elektromotory s.r.o.

Firma SIEMENS Elektromotory s.r.o vznikla 1.října 1994 a to spojením podniků MEZ Mohelnice, Frenštát pod Radhoštěm a Drásov.



Obr č.1 situační pohled na SIEMENS Mohelnice

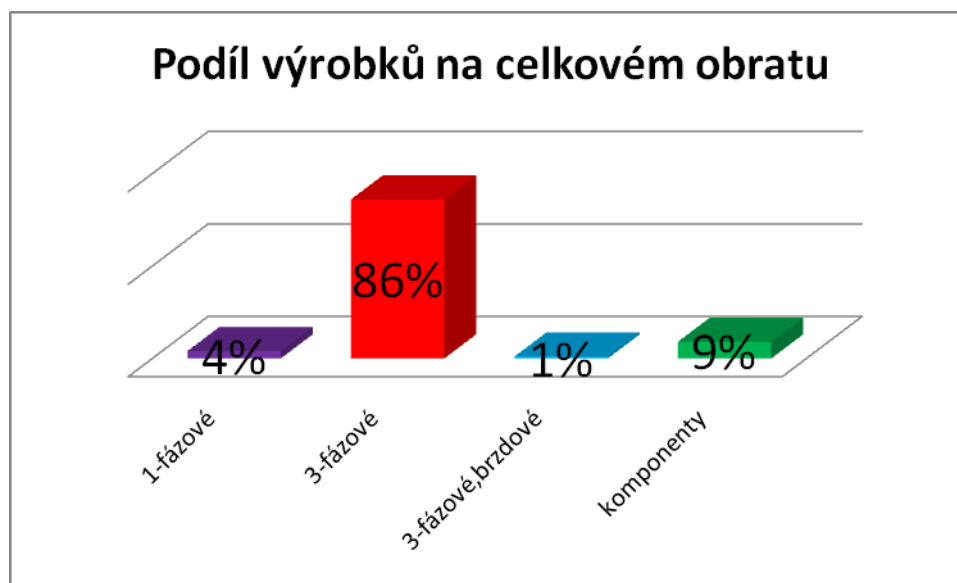
- | | | | |
|---|-------------------|---|----------------------|
| 1 | Správní budovy | 4 | Navijárna |
| 2 | Předmontáž/Montáž | 5 | Logistikcentrum-GEIS |
| 3 | Lisovna | 6 | Slévárna |

Celá tato společnost byla začleněna do divize AD LD. Historie tohoto závodu se začala psát ve stejném roce jako založení společnosti Ludwig Doczekal & Comp a to v roce 1904. V roce 1926 byla provedena fúze závodu s firmou SIEMENS Praha. O 19 let později byl podnik zestátněn a vznikla značka MEZ. V roce 1994 kapitálově vstoupil koncern SIEMENS AG do podniku a byla založena společnost SIEMENS Elektromotory s.r.o. O sedm let později v roce 2001, byl zahájen v Mohelnici projekt „Koncepce výroby elektromotorů v Evropě“ a ze závodu se tak stalo evropské kompetenční centrum v oblasti

výroby elektromotorů. Závod společnosti SIEMENS Elektromotor s.r.o v Mohelnici patří s bezmála dvěma tisíci spolupracovníků mezi nejvýznamnější zaměstnavatele v šumperském regionu.[1]

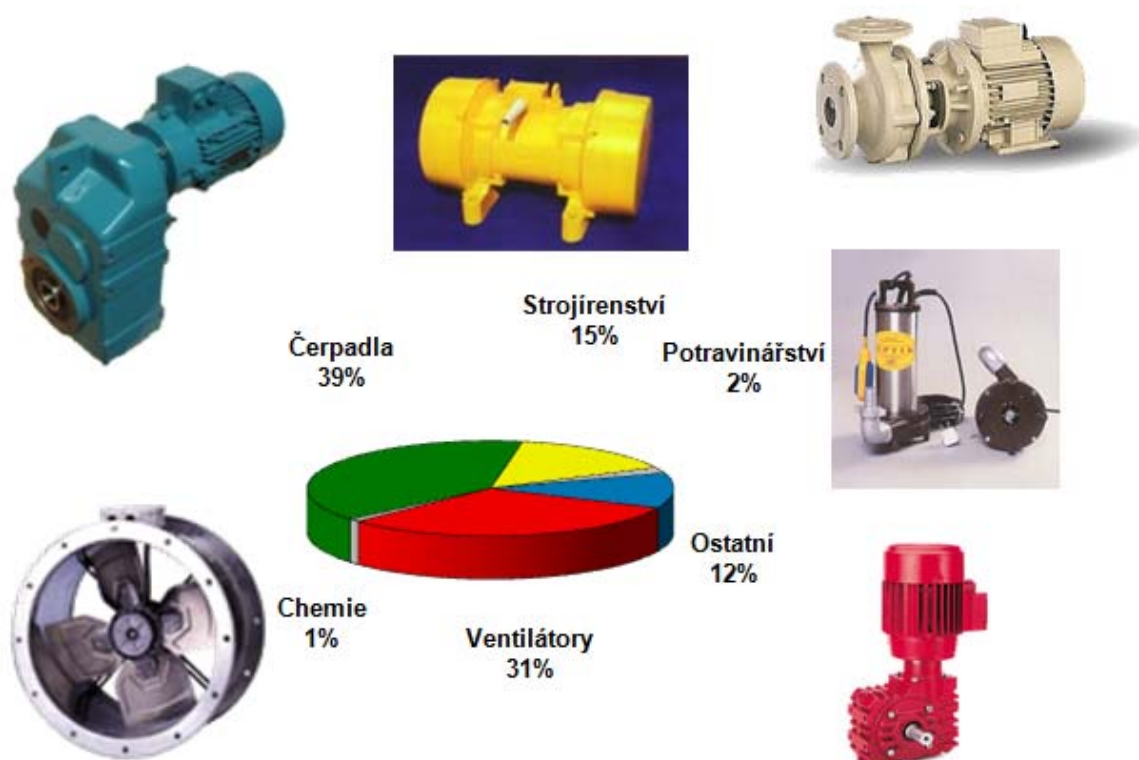
2.4 Popis sortimentu vyráběných výrobků

Závod společnosti SIEMENS Elektromotor s.r.o v Mohelnici dodává na domácí a zahraniční trhy jednofázové asynchronní elektromotory o výkonu 0,09 – 3 kW, trojfázové asynchronní elektromotory o výkonu 0,06 – 18,5 kW a trojfázové brzdové asynchronní elektromotory o výkonu 0,12 – 18,5 kW. Celková roční produkce závodu je v současné době asi 1 000 000 kusů elektromotorů. Navíc závod v Mohelnici dodává komponenty pro motory v rámci koncernu SIEMENS AG.



Obr č.2 Graf podílu výrobků

Základní použití elektromotorů dle oboru je zachycena na obr.č.3



Obr.č.3 graf využití elektromotorů dle oboru

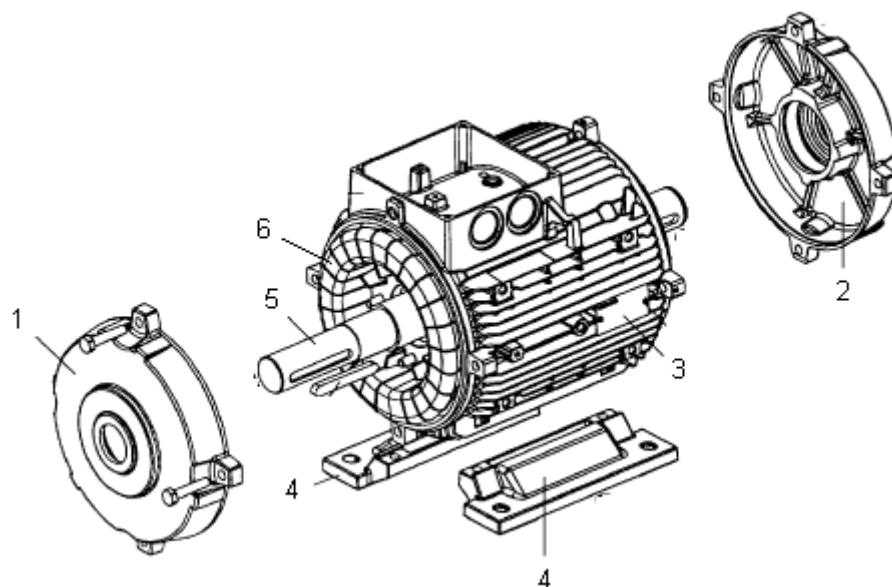
V Mohelnici vyráběné elektromotory se rozdělují na takzvanou malou a velkou řadu.

Tohle rozdělení elektromotorů plyne z osové výšky hřídele motoru nad podložkou, na které je motor umístěn. Velká řada motorů má osovou výšku 100 – 160 mm a malá řada motorů má osovou výšku 56 – 90 mm.[1]

Nejdůležitější části motoru jsou vidět na obr č.4:

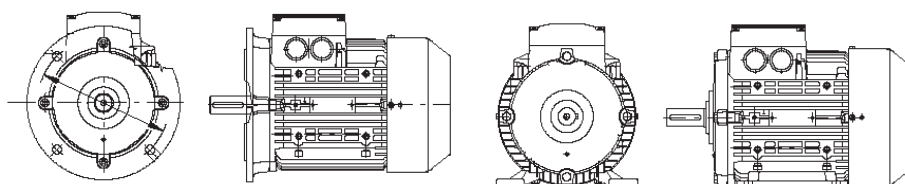
- Zadní ložiskový štít (1)
- Přední ložiskový štít (2)
- Kostra motoru (3)
- Patky elektromotoru (4)

- Rotor (5)
- Statorové vinutí (6)



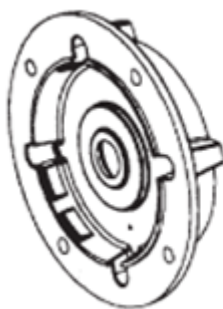
Obr.č.4 Rozkreslení elektromotoru

Důležitou částí jsou u motorů velké řady patky, které se přišroubují ke kostře motoru. U motorů malé řady jsou patky odlité přímo, jako součást kostry motoru. Jestliže motor nemá přírubu slouží tyto patky k uchycení motoru.(viz obr č.5). Příruba je specifický typ zadního ložiskového štítu, která se používá k uchycení. Dále se používá k napojení hřídele motoru například na tělese převodovky, nebo na ventilátor a tudíž patky v tomhle případě nejsou potřeba.



Obr č.5 Motor bez patek (s přírubou) a motor s patkami

Ložiskový štít může mít tvar víka, tvar IM1041 (B3), (viz obr č.7) nebo tvar právě již zmiňované příruby, tvar IM3041 (B5,B9), (viz obr č.6). Jedná – li se o víko je přední i zadní štít identický. Jedná – li se o nutné použití příruby, pak přední štít je klasické víko a zadní štít má tvar příruby. U malé i velké řady má zákazník na výběr z několika druhů přírub, které se liší připevňovacími otvory a velikostí středícího osazení.



Obr.č.6.Příruba B5



Obr.č.7.Víko B3

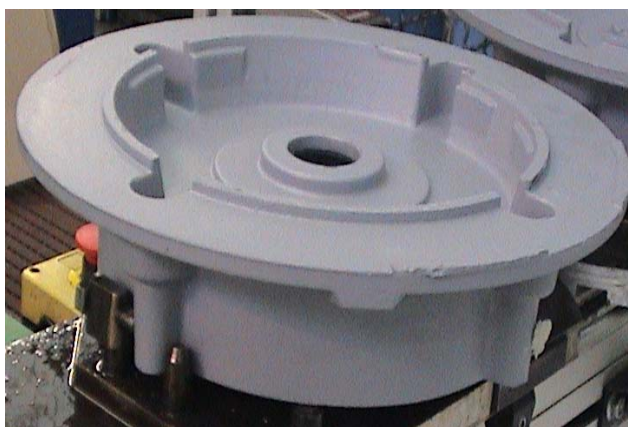
Ze všech vyráběných motorů má zhruba 95% kostru motoru odlitou ze slitiny hliníku. Zbylých 5% jsou některé motory velké řady, jejichž kostra se odlévá ze šedé litiny. U ložiskových štítů je situace opačná, jelikož většina všech motorů má štíty odlité ze šedé litiny a pouze některé motory malé řady mají jak kostru, tak i štít odlit z hliníku.

Mohelnický závod SIEMENS Elektromotor s.r.o, má i svoji vlastní slévárnu, kde jsou odlévány veškeré součásti motoru a to jak hliníkové tak i součásti ze šedé litiny.

3.OBECNÁ CHARAKTERISTIKA POLOTOVARU

3.1 Polotovar ložiskového štítu elektromotoru

Polotovarem pro většinu ložiskových štítů jsou odlitky ze šedé litiny. Jedná se o litinu s lupínkovým grafitem ČSN 42 2415. Ve speciálních případech může být použita litina ČSN 42 2420. Odlitky jsou odlévány do kokil, ale výjimečně v některých případech se může odlévat do pískových forem. Nevýhodou těchto pískových forem je, že vzniká poměrně velký problém při opracování, jelikož odlitek z pískových forem má mnohem horší povrch a při obrábění ploch tohoto odlitku dochází k velkému namáhání nástroje v důsledku přerušovaného řezu. Litina ČSN 42 2415 má maximální předepsanou tvrdost 230HB. Všechny odlitky jsou normalizačně žíhány, aby se odstranilo vnitřní pnutí a také se dosáhlo předepsané tvrdosti, která je stanovena na 180 - 220 HB. Minimální tloušťka stěny odlitku je stanovena normou, a to 5 mm. Minimální pevnost v ohybu je 320 MPa a minimální pevnost v tahu je 150 – 160 MPa. Při tuhnutí se litina smrští a to o 1,2%. Nepříznivě ovlivňovat rozměry hotově obroběných ploch by mohlo vnitřní pnutí. Z odlitků po vyžíhání jsou odstraněny zbytky otřepů a veškeré zbytky litiny, které přesahují obvod odlitku o 2 mm. Očištěné odlitky jsou následně tryskány a dále jsou upravovány ručním zabrušováním a osekáváním. Na konec se odlitky máčejí v základní barvě a následně suší.

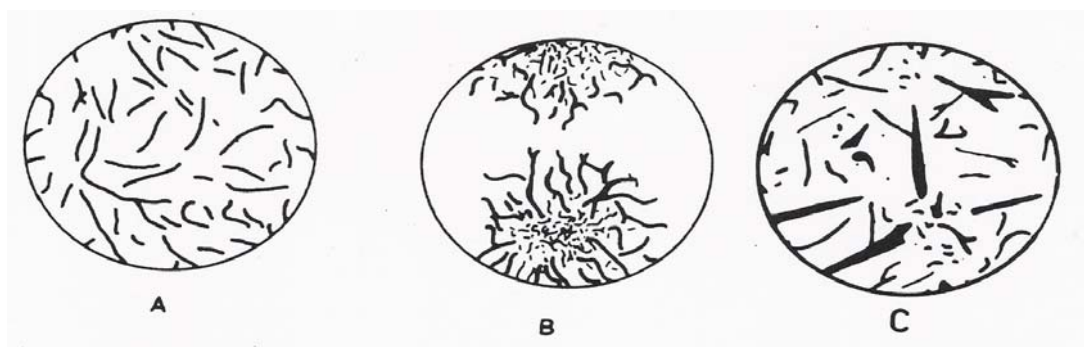


Obr č.8 Polotovar příruby elektromotoru

3.2 Základní charakteristika litin

Litiny jsou materiálem nejvíce používaným na výrobu odlitků. Tato skutečnost je dána především vynikajícími slévárenskými vlastnostmi. Výroba litin je i přes některé méně příznivé mechanické vlastnosti velice ekonomicky výhodná. Struktura litin určuje jejich vlastnosti. Struktura litin se vytváří během krystalizace při tuhnutí a dále se mění vlivem rekystalizace při ochlazování. Chemické složení a rychlost ochlazování má podstatný vliv na krystalizaci litiny. Odlitky mohou mít za jinak nezměněných podmínek různou výslednou strukturu, a to od bílé až po feritickou šedou. Litiny obsahují velké množství přísadových prvků. Nejdůležitějším přísadovým prvkem litin je křemík, který snižuje rozpustnost uhlíku čímž posouvá eutektický a eutektoidní bod v diagramu Fe-C na levou stranu. Eutektický bod je nejnižší bod tání směsi látek, které nevytváří při krystalizaci sloučeninu a vzájemně se nemísí. Dalšími důležitými prvky, které litiny obsahují, jsou mangan, síra a fosfor. Mangan obsažený v litinách má opačný vliv jak křemík. Mangan zvyšuje tekutost litiny a homogenitu odlitků. Přítomnost manganu je také důležitá, protože působí jako odsiřovadlo. Litiny, které mají zvýšený obsah síry jsou tvrdší a křehčí. Přítomnost síry v litinách zmenšuje homogenitu odlitků a zvětšuje smrštění. V litině, která má dobrou jakost má být maximálně 0,1% síry. Ve speciálních litinách má být obsaženo jen 0,04% síry. Fosfor v litinách zvyšuje zabíhavost šedé litiny a zvyšuje interval tuhnutí. Například pro litiny, které se používají na výrobu tenkostěnných odlitků, se zvyšuje jeho obsah až na 2%. Fosfor dále zvyšuje odolnost litiny proti opotřebení, ale naopak zhoršuje odolnost proti dynamickému namáhání.[2]

Na strukturu litiny má vedle chemického složení výrazný vliv i technologické podmínky výroby odlitků. Jedná se především o teplotu a dobu přehřátí litiny, teplotu lití a velice významným faktorem je i způsob ochlazování odlitku. Počet krystalizačních zárodků zmenšuje vysoká teplota přehřátí litiny, takže krystalizace probíhá s vyšším podchlazením. Vyšší rychlost ochlazování působí na množství vázaného uhlíku a naopak pomalé ochlazování podporuje grafítizaci, tedy vznik uhlíku ve formě grafitu. Podle struktury existuje dělení grafitických litin na šedou, tvárnou a litinu temperovanou. Rozložení grafitu v litinách můžeme vidět na obr.č.9.



Obr.č.9 rozložení grafitu v litinách
A-rovnorné rozložení B-růžicovité rozložení C-smíšené rozložení

3.3 Charakteristika šedé litiny

Šedá litina je bezesporu nejrozšířenějším druhem litiny. Šedá litina se vyznačuje velmi dobrými technologickými a především také slévárenskými vlastnostmi. Chemické složení šedé litiny je uvedeno v tabulce č. 1.

Tabulka č.1

	Uhlík [C]	Křemík [Si]	Mangan [Mn]	Fosfor [P]	Síra [S]
Obsah v [%]	2,8 – 3,6	1,4 – 2,8	0,5 – 1	0,2 – 0,6	Max 0,15

Šedá litina se vyznačuje tím, že je velmi křehká a nemá prakticky žádnou tažnost. Pevnost šedé litiny v tlaku je asi 3krát až 4krát větší než pevnost v tahu. Množství grafitu ovlivňuje modul pružnosti v tahu, který se pohybuje v rozmezí od 60 000 do 160 000 Mpa. U čistě perlitické slitiny je tvrdost maximálně 220 HB. Ferit velmi ovlivňuje tvrdost litiny. S větším obsahem feritu tvrdost klesá. Šedá litina má ve srovnání s ocelí jednu důležitou vlastnost, a tou je velmi dobrou schopnost útlumu. Vlivem lupínek grafitu obsažených v šedé litině je velice snížena citlivost k účinkům vrubů. Proto použití šedé litiny je velice výhodné při dynamickém namáhání. Lupínkový grafit dodává litině šedou barvu. Šedá litina se taví při 1200°C. Zušlechťuje se tzv. očkováním, což je vlastně přidávání křemíku a vápníku, které zabezpečí vytvoření jemných lupínek grafitu. Šedá litina se může používat například na výrobu součástí strojů (skříně, lože, stojany, ozubená kola) a jiné.[2]

Tabulka č.2 Označení, vlastnosti a použití šedé litiny

Označení	Mechanické vlastnosti			Vlastnosti a použití šedé litiny
(číslo normy)	Min. pevnost [kp/mm ²]		Tvrdość [HB]	
	v tahu	v ohybu		
422 410	10	24	140 až 180	Tenkostěnné odlitky (4 až 15 mm), odlitky pro smaltování, trouby apod.; velmi dobrá obrobiteľnosť.
422 415	15	32	150 až 200	Tloušťka stěn 5 až 30 mm. Součásti hospodářských strojů, části motorů, víka, řemenice apod.; velmi dobrá obrobiteľnosť
422 420	20	38	160 až 220	Tloušťka stěn 8 až 40 mm. Strojní odlitky, součásti motorů, válce motorů a kompresorů, dobrá obrobiteľnosť
422 425	25	43	180 až 240	Tloušťka stěn 15 až 50 mm. Válce motorů, ventily na vysoký tlak, ozubená kola, značně namáhané strojní součásti. Ztížená obrobiteľnosť.
422 430	30	50	190 až 250	Tloušťka stěn 25 až 70 mm. Značně namáhané odlitky, speciální odlitky, litina velmi dobré jakosti. Obtížná obrobiteľnosť

3.4 Běžné materiály používané na nástroje pro obrábění kovů

Nástroje používané pro strojní obrábění patří mezi jednu z nejvýznamnějších skupin nástrojů používaných ve strojírenské výrobě. Obráběcí nástroje a jejich spolehlivost je závislá na třech hlavních faktorech. Konkrétně se jedná o konstrukci nástroje, způsob výroby a na materiálu, z kterého je nástroj zhotoven. Správná volba nástrojového materiálu je důležitým základem ekonomiky obráběcí operace. Významné faktory produktivity představuje strojní čas a čas potřebný na výměnu otupěného nástroje.

Podle [3] by měl mít každý ideální řezný materiál následující vlastnosti:

- Dostatečnou tvrdost, která by zajistila odolnost proti opotřebení a plastické deformaci bříty.
- Vysokou houževnatost, tj. odolnost proti vylomení a vyštípnutí bříty.
- Vůči obráběným materiálům by měl mít chemicky neutrální chování.
- Chemickou stabilitu, která by zajistila odolnost proti oxidačnímu a difúznímu opotřebení.
- Odolnost proti teplotnímu rázu
- Schopnost neztrácet tvrdost a chemickou stálost při vysokých teplotách.

Souhrn všech vlastností nástrojových materiálů, které ovlivňují jeho vhodnost k obrábění se nazývá řezivost. V dnešní době se univerzálnost jednotlivých skupin materiálů používaných pro obrábění značně zmenšila. V současné době se pro obrábění používají tyto řezné materiály:

- Nástrojová ocel (NO)
- Rychlořezná ocel (RO)
- Slinuté karbidy (SK)
- Řezná keramika
- Cermety
- Synteticky velmi tvrdé materiály

Nástrojové oceli (NO) patří mezi nejstarší průmyslově používané materiály obráběcích nástrojů. V současné době se převážná část vyrábí klasickou technologií v elektrických obloukových pecích nebo v pecích indukčních. Jedná se o vysoce jakostní oceli. Stávající sortiment NO je běžně členěn podle chemické koncepce a použití na čtyři skupiny:

Uhlíkové oceli (UO) – obsahují asi 1,25 % C s menším množstvím Si a Mn. Tvrdost a odolnost otupení uhlíkové nástrojové oceli zajišťuje martenzitická struktura. Odolnost otupení roste s tvrdostí a se stoupajícím obsahem uhlíku, ale současně však klesá houževnatost. Při teplotách nad 200 °C nástroje ztrácí tvrdost.[3]

Legované oceli na nástroje pro práci za studena (LOS) a za tepla (LOT) – mají ve struktuře do 1,25 % C, navíc až 1,5 % Cr, W, Mo, V. Výhodou je jejich vyšší odolnost proti otupení, vyšší tvrdost a pevnost za tepla.[3]

Rychlořezné oceli - Rychlořezné oceli (RO) jsou vysocelegované nástrojové oceli. Od ostatních druhů nástrojových ocelí se liší obsahem legujících přísad a rozdílnými podmínkami tepelného zpracování. Díky tomu získávají oproti uhlíkovým a legovaným nástrojovým ocelím vyšší tvrdost a odolnost proti popouštění. Rovněž se vyznačují poměrně vysokou pevností, a tím i příznivou houževnatostí. Tvrdost 60-70 HRC si udržují do teploty 600°C. RO se využívá na protahovací nástroje, šroubovitě vrtáky, nástroje na závity, výstružníky, frézy a tvarové soustružnické nože. Řezná rychlost se pohybuje v rozsahu 20-80 m/min. Vhodnou volbou jednotlivých přísadových prvků a jejich kombinací lze dosáhnout specifických vlastností. Vliv jednotlivých přísad je následující:

Wolfram (W): je základní legující prvek. Vytváří tvrdé, vůči opotřebení tvrdé karbidy a pevný, vůči popouštění stálý martenzit.

Molybden (Mo): působí obdobně jako W, ale s dvojnásobnou intenzitou. molybdenové oceli se vyznačují vysokou houževnatostí. Nevýhodou je vyšší náročnost na tepelné zpracování.

Vanad (V): vytváří nejtvrdší karbidy a tím zvětšuje odolnost proti abrazivnímu opotřebení, ale výrazně zhoršuje obrobitelnost.

Kobalt (Co): zvětšuje odolnost proti popouštění a tvrdost za tepla.

Chrom (Cr): zlepšuje kalitelnost a prokalitelnost.

Odhaduje se, že až 20% obráběcích operací při soustružení je prováděno nástroji z rychlořezné oceli. U frézování se odhaduje podíl dokonce až 50 % ze všech operací.[3]

Slinuté karbidy (SK) - jsou dvoufázový nebo vícefázový materiál tvořený tvrdými karbidovými částicemi v kovové vazbě, připravený technologií zvaná prášková metalurgie. Základními karbidy pro výrobu běžných karbidů pro obrábění jsou karbid wolframu (WC) a karbid (TiC), pojícím kovem je kobalt (Co). Jako další přísady se nejčastěji používají karbidy tantalu (TaC), niobu (NbC) a chromu (Cr_3C_2).[3]

Nepovlakované slinuté karbidy-Výjimečně se pro slinuté karbidy užívá i název “tvrdokovy“. Současné standardní (běžné, nepovlakované) slinuté karbidy pro řezné aplikace jsou na základě svého užití rozdělovány normou ISO 513 [105] do tří skupin – P (barva značení modrá), M (barva značení žlutá), K (barva značení červená). S dalším dělením do skupin, např. P10,M20,K30 (vyšší číslo vyjadřuje vyšší obsah pojícího kovu, vyšší houževnatost a pevnost v ohybu, nižší tvrdost a otěruvzdornost materiálu a vymezuje oblast jeho aplikace pro nižší řezné a vyšší posuvové rychlosti). Vzhledem ke svému značení jsou běžné SK někdy též označovány jako jednokarbidové (K), dvojkarbidové (P) a vícekarbidové (M).

Skupina K – je určena pro obrábění materiálů, které vytvářejí krátkou, drobivou třísku (zejména pro litiny, nezelezné slitiny a nekovové materiály). Řezná síla je přitom obvykle relativně nízká a převládá abrazivní a adhezní opotřebení nástroje. Karbid wolframu, který tvoří jedinou tvrdou strukturní složku této skupiny SK, má za pokojové teploty zhruba stejnou tvrdost jako karbid titanu. S rostoucí teplotou ale ztrácí tvrdost rychleji než TiC. Proto jsou karbidy této skupiny pro obrábění materiálů tvořících dlouhou třísku, která mnohem více tepelně zatěžuje čelo nástroje.[3][4]

Skupina P – je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou třísku, jako jsou uhlíkové oceli, slitinové oceli a feritické korozivzdorné oceli. Řezný proces je obvykle doprovázen velkými řeznými silami a značným opotřebením na čele nástroje. Tzv. výmol- proto tato skupina slinutých karbidů obsahuje velké množství TiC a TaC, které zlepšuje odolnost proti vymílání na čele nástroje. Přísada TiC zaručuje vysokou odolnost proti difuzi za vysokých teplot, která je jednou z hlavních příčin vytváření výmolu na čele nástroje v místě styku s odcházející třískou. Vhodnost slinutých karbidů skupiny P pro

obrábění materiálů, které tvoří dlouhou třísku, je dána též vyšší tvrdostí TiC za vyšších teplot, ve srovnání s WC.[3][4]

Skupina M – má univerzální použití a je určena pro obrábění materiálů, které tvoří dlouhou a střední třísku, jako jsou lité oceli, austenitické korozivzdorné oceli a tvárné litiny (vzhledem k relativitě vysoké houževnatosti se slinuté karbidy této skupiny též často používají pro těžké hrubování a přerušované řezy).[3]

Z běžných slinutých karbidů K, P, M je pouze omezený počet druhů užíván pro lehké a dokončovací obrábění (vysoká řezná rychlost, nízká posuvová rychlost a hloubka řezu). V současné době význam nepovlakovaných slinutých karbidů neustále klesá, stejně jako jejich podíl na trhu. Nejdůležitějším vývojovým krokem v oblasti slinutých karbidů bylo tedy zavedení výroby vyměnitelných destiček s tenkými povrchovými vrstvami TiC.

Povlakované slinuté karbidy - Povlakované slinuté karbidy jsou vyráběny tak, že na podklad z běžného slinutého karbidu typu K, P, M se nanáší tenká vrstva materiálu s vysokou tvrdostí a vynikající odolností proti opotřebení. Tyto výhodné vlastnosti vyplývají zejména z toho, že povlakový materiál ve srovnání se substrátem neobsahuje žádné pojivo, má o jeden i více řádů jemnější zrnitost a méně strukturních defektů a navíc tvoří bariéru proti difuznímu mechanismu opotřebení nástroje.[3]

Metoda PVD (Physical Vapour Deposition – Fyzikální napařování), která je charakteristická nízkými pracovními teplotami (pod 500 °C). Povlak je nejčastěji vytvářen:

- Napařováním
- Naprašováním
- Iontovou implantací

Metoda CVD (Chemical Vapour Deposition – Chemické napařování z plynné fáze), která probíhá za vysokých teplot (1000-1200 °C). Tato metoda je hlavní metodou povlakování slinutých karbidů a může být realizována ve čtyřech variantách:

- Tepelně indukovaná
- Plazmaticky aktivovaná
- Elektronově indukovaná (paprsek elektronů)
- Fotonově indukovaná (např.laserem)

Povlakované slinuté karbidy jsou přednostně doporučovány pro všechny operace soustružení, větší část operací vrtání a frézování, a to pro převážnou část strojírenských materiálů. Odhaduje se, že více než 75% soustružnických operací a asi 40% frézovacích operací je dnes realizováno povlakovanými slinutými karbidy.[3]

Řezná keramika - patří mezi nekovové nástrojové řezné materiály. Výchozí surovinou jsou velmi čisté prášky základních surovin, které se dokonale mísí, tvarují, suší, slinují (nad 1600 °C) a nakonec upravují do požadovaného tvaru. V oblasti řezných materiálů jsou keramické materiály s výhodou využívány především pro tyto vlastnosti:

- Vysokou tvrdost
- Nízkou měrnou hmotnost
- Odolnost proti působení vysokých teplot
- Odolnost proti mechanickému namáhání
- Odolnost proti opotřebení, chemickým vlivům a korozi
- Dostupnost základních surovin z domácích zdrojů
- Poměrně nízká cena

Řezná keramika, patří mezi velmi výkonné nástrojové materiály, její nasazení však vyžaduje mimo správné volby řezných podmínek dodržet určité zásady. K hlavním podmínkám optimálního využití řezné keramiky patří zejména:

- Vysoká tuhost systému stroj-nástroj-obrobek
- Využití výkonných obráběcích strojů s širokým rozsahem posuvů a otáček
- Zabezpečení pevného a spolehlivého upnutí obrobku (zejména při soustružení větších součástí vysokými řeznými rychlostmi působí proti upínacím silám velké síly odstředivé)
- Odstranění kůry obráběných polotovarů (zejména odlitků, výkovků, ale i válcovaného materiálu)
- Najíždění a vyjíždění z řezu při snížených hodnotách posuvu

Keramické materiály lze rozdělit do tří skupin podle chemického složení, vlastností a oblastí použití.

- Čistá keramika – obsahuje až 99,9% Al_2O_3 . Má relativně nízkou houževnatost a pevnost a také malou tepelnou vodivost. Tato keramika je vhodná pro soustružení šedé litiny a nízkolegovaných ocelí. Pro zlepšení řezivosti se přidává kysličník zirkonu. Pak mluvíme o polosměsné keramice

a ta je vhodná pro obrábění tvárné a temperované litiny i rychlořezných ocelí.

- Směsná keramika – je tvořena Al_2O_3 a z 20 až 40 % TiC. Materiál má lepší tepelnou vodivost, odolnost proti tepelným rázům a vyšší pevnost v ohybu. Tato keramika není náchylná na lom břitu. Je vhodná pro soustružení na čisto tvrdé litiny a zušlechtěných ocelí. Tato litina může být použita na přerušovaný řez.

- Neoxidická keramika – je vytvořena na bázi nitridu křemíku (Si_3N_4). Tato keramika je houževnatá, pevná a odolná proti teplotnímu šoku. Má vysokou tvrdost za tepla je velice výkonná při hrubování šedé litiny vysokými řeznými rychlostmi (až 400 m.min⁻¹) a je chemicky stálá. Snáší i přerušovaný řez při obrábění.[3]

Cermety – jsou materiály, které vykazují velice výhodnou kombinaci tvrdosti řezné keramiky a houževnatosti kovu. Jsou to vlastně slinuté materiály, kde je tvrdá fáze tvořena TiC+TiN. Cermety mohou být použity pro vyšší posuvové rychlosti, než kterých je schopna keramika, ale zároveň pro řezné rychlosti srovnatelné s povlakovanými slinutými karbidy. Houževnatost cermetů je stále relativně malá vzhledem k vysokým hodnotám obráběcích parametrů, a proto je uplatnění těchto materiálů hlavně při lehkých a středních řezech. Jsou tedy vhodné především pro dokončovací operace.[3]

Mezi synteticky velmi tvrdé materiály můžeme zařadit diamant a kubický nitrid boru (KNB). Tyto materiály se vyznačují velice vysokou tvrdostí a vynikající odolností proti opotřebení. Řezná rychlost těchto materiálů je až 1000 m.min⁻¹. Velkou nevýhodou těchto materiálů je malá možnost změny tvaru nože, v některých případech dochází k reakci s obráběnými materiály. Další nevýhodou je poměrně vysoká cena nástroje. Tyto materiály jsou omezeny pouze na speciální případy obrábění a na jemné obrábění na čisto. Syntetický diamant je často používán na obrábění neželezných kovů.[3]

4. CHARAKTERISTIKA STROJNÍHO VYBAVENÍ

4.1 Stroje na obrábění štítu elektromotoru

V obrobě, kde se prováděly všechny testy je zastoupeno v současné době 16 obráběcích center na obrábění štítů elektromotorů. Na obrobě jsou zastoupeny tyto druhy strojů:

- 3 stroje EMAG VSC 315
 - určeny pro obrábění největších štítů elektromotorů s osovou výškou 100 – 160
- 4 stroje GILDEMAISTER
 - určeny pro obrábění štítů elektromotoru s osovou výškou 60 -112
- 2 stroje INDEX 300
 - určeny pro obrábění štítů elektromotoru s osovou výškou 100 – 160
- 2 stroje INDEX 250
 - určeny pro obrábění štítů elektromotorů malé řady. Motory s osovou výškou 56-90
- 2 stroje SPU 20
 - určeny pro obrábění štítů zákaznických elektromotorů, kde je nutné ruční vkládání obrobků
- 2 stroje HARDINGE
 - určeny pro obrábění štítů elektromotorů malé řady a pro abnormality. Nutné ruční vkládání obrobků.
- 1 stroj VOC 600
 - určeno pro obrábění štítů elektromotorů všech velikostí, pouze pro vrtání a závitování.

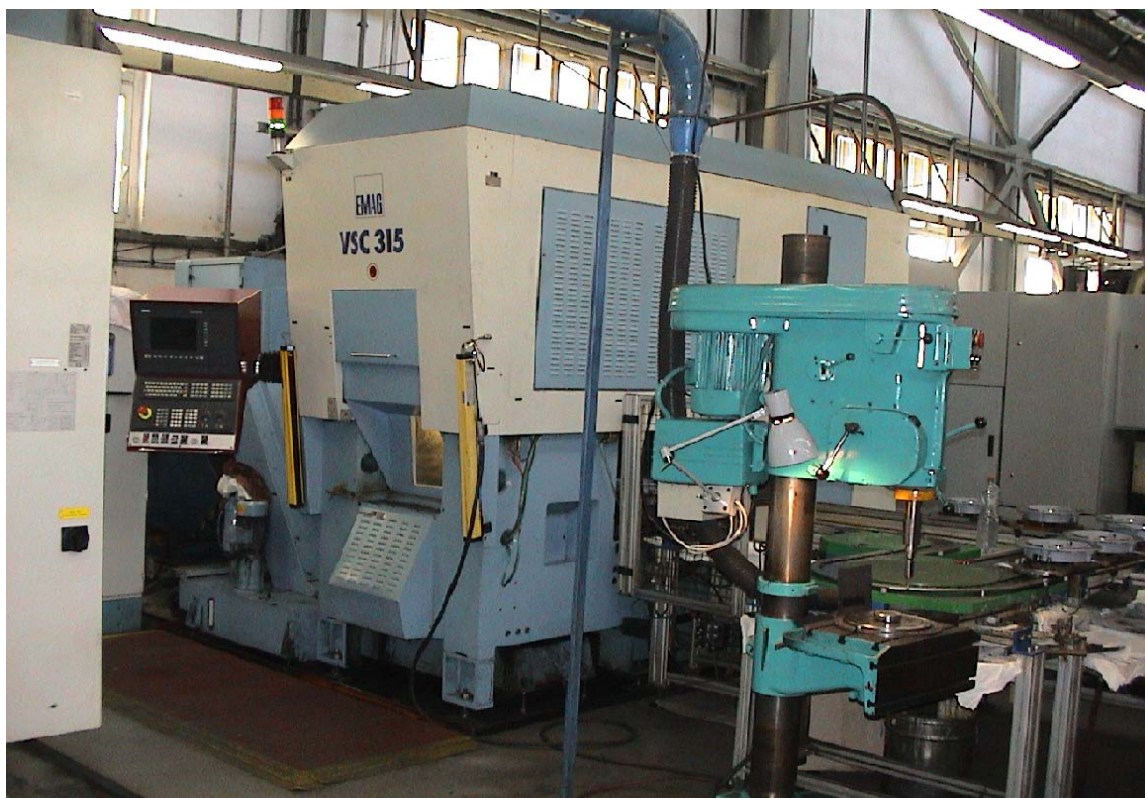
Všechna obráběcí centra uvedena výše jsou vybavena revolverovými nástrojovými hlavami pro upnutí 9 – 12 nástrojů. Drtivá většina štítů elektromotorů vyrobená za rok je prováděna na těchto 15 strojích. Z toho vyplývá, že každý stroj musí být schopen obrobít několik druhů štítů elektromotoru. Některé druhy štítů malých osových výšek jsou obráběny ještě na starých klasických strojích, které jsou postupně nahrazovány moderními stroji.

4.2 Obrábění štítu elektromotoru

V Mohelnickém závodě Siemens elektromotory se obrábí několik rozdílných typů štítů o různých velikostech a také na různých strojích. Pro objektivnější a snadnější vyhodnocování výsledků byl vybrán jeden typ štítu a jeden obráběcí stroj, na němž byly veškeré experimenty prováděny. Dále pak uváděné hodnoty a postupy budou platné pro daný typ štítu a stroj. V samotné výrobě je volen stejný postup, kdy inovace jsou zkoušeny nejprve na jednom typu štítu a na jednom stroji, a až následně jsou případné nové postupy použity na další stroje. V mém případě se jedná o štít s největší osovou výškou a to s výškou 160 mm. Tento štít se obrábí na stroji EMAG VSC 315, a proto na tomto stroji byly prováděny veškeré zkoušky.

V Mohelnickém závodě jsou obráběcí centra EMAG VSC 315 k dispozici dvě. Tato centra jsou určena pro obrábění štítů elektromotorů s osovou výškou 100 – 160 mm vyrobených ze šedé litiny. Tato centra byla zakoupena v roce 1997 přímo od výrobce EMAG Gmgh Salach a to přímo s nástroji na předem stanovenou technologii a na předem stanovený výrobek. Řídícím systémem těchto center je Sinumerik 840D. Při nákupu byla v ceně zahrnuta měřicí stanice včetně softwaru a další příslušenství.

I



Obr.č.10 CNC obráběcí stroj EMAG VSC 315

Hlavními parametry stroje, kterými EMAG VSC 315 disponuje jsou následující:

- Maximální otáčky stroje - 4300 ot/min
- Maximální průměr obrobku – 360 mm
- Řídicí systém stroje Sinumerik 840 D
- Výkon motoru hlavního vřetena – $P = 45 \text{ kW}$
- Zdvih v osách X/Z – 850/250 mm
- Rychloposuv v ose X/Z – 45/30 m/min
- Průměr ložiska na vřetenu – 120 mm
- Počet nástrojů v revolverové hlavě – 12
- Každá sudá pozice na revolverové hlavě umožňuje pohánět nástroj
- Upínací sklíčidlo – Fordkardt NHF 315
- Těleso stroje – mineralit (polymerický beton)
- Maximální průměr upínací stopky – 40 mm
- Nesení vřetene – portálové sáně

EMAG VSC 315 je vertikální obráběcí centrum, jehož těleso (lože) je vyrobeno z mineralitu (polymerického betonu). Mineralit má velice dobrou tepelnou stabilitu celého tělesa, a také má velice dobrou tlumící schopnost, která je až 8x větší než u litiny. Pohon jednotlivých os je prováděn pomocí frekvenčně regulovaných střídavých motorů. Pohon sání frekvenčními regulovanými motory je převáděn přes velmi přesné broušené kuličkové šrouby. Tento stroj je dále vybaven několika jistíci a bezpečnostními prvky. Tyto prvky slouží například k automatickému zastavení obráběcí operace při uvolnění obrobku z upínače a nebo nespustí danou operaci v případě, že obrobek neodpovídá stanoveným tolerancím. Dalším z bezpečnostních prvků, kterým je stroj vybaven je automatický přetěžovací systém artis. Tento systém slouží k okamžitému zastavení stroje v případě, že dojde k překročení velikosti řezného odporu. Tímto systémem je stroj chráněn například

při ulomení špičky nástroje, nebo při najetí rychloposuvem do obrobku, který je momentálně v upínači. Sestava stroje je téměř celá automatizovaná, obsluha u stroje ukládá a polohuje ložiskové štíty z palety na pojízdné polohovací paletky, které jsou dopravníkem unášeny, až do nakládací stanice, kde je dále štít dopraven do místa upnutí. (viz obr.č.11)



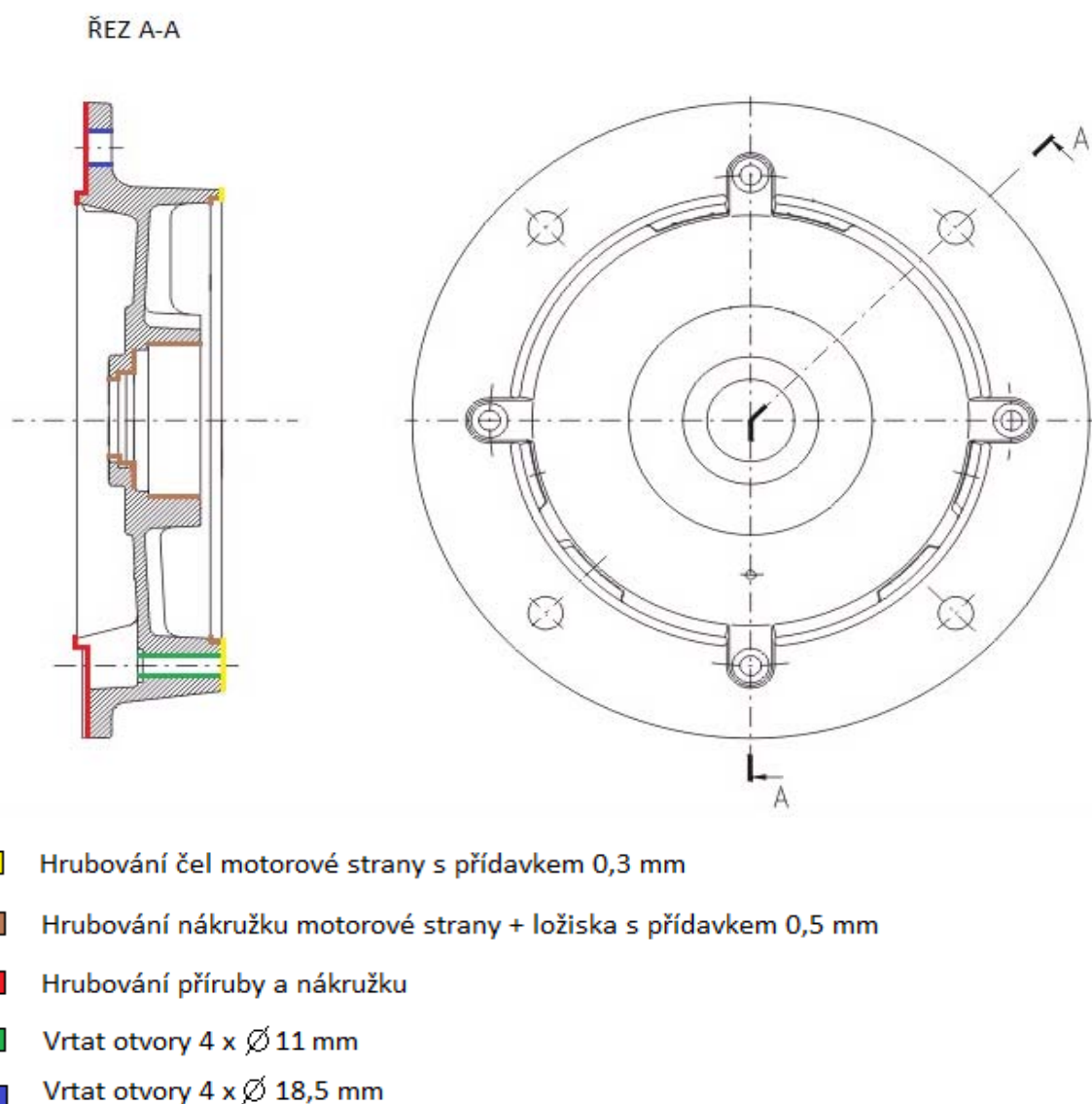
Obr.č.11 pojízdné polohovací paletky pro ukládání obrobků

Světelný snímač umístěn před strojem hlídá, jestli vozík před strojem není prázdný. V případě, že-li je vozík prázdný, tak není vpuštěn do automatického cyklu stroje. Po upnutí ložiskového štítu proběhnou dané operace a po obrobení je štít uložen zpět na paletku. Paletka s obrobem štítem projede okolo spínače, který dá signál pro vpuštění dalšího štítu do nakládací stanice. Tento proces se opakuje neustále do kola. Vozík s opracovaným dílem je přemístěn do měřicí stanice, kde se provádí vlastní měření. Tato stanice je vybavena vlastním softwarem, kterým je ovládáno celé měření. Díky tomuto softwaru je dán impuls k vysunutí vzduchového měřicího trnu do náboje pro ložisko, kde se provádí následné měření průměru ve dvou osách. Ze všech čtyř naměřených hodnot, je vyhodnocen průměr, který je dle velikosti odchylky od zvolené tolerance rozhodující pro vydání signálu (příkazu) k automatické korekci nástroje. Dalším měřeným rozměrem na štítu je středící průměr štítu ke statoru. Tento rozměr je elektronicky měřen jen ve dvou osách. Naměřená odchylka středního průměru slouží ke korekci nástrojů ve stroji. Během celého měření probíhá ve stroji hrubování dílce. Před soustružením na čisto je vyvolán podprogram korekcí, který vyhodnotí naměřené hodnoty na středním průměru štítu a dá

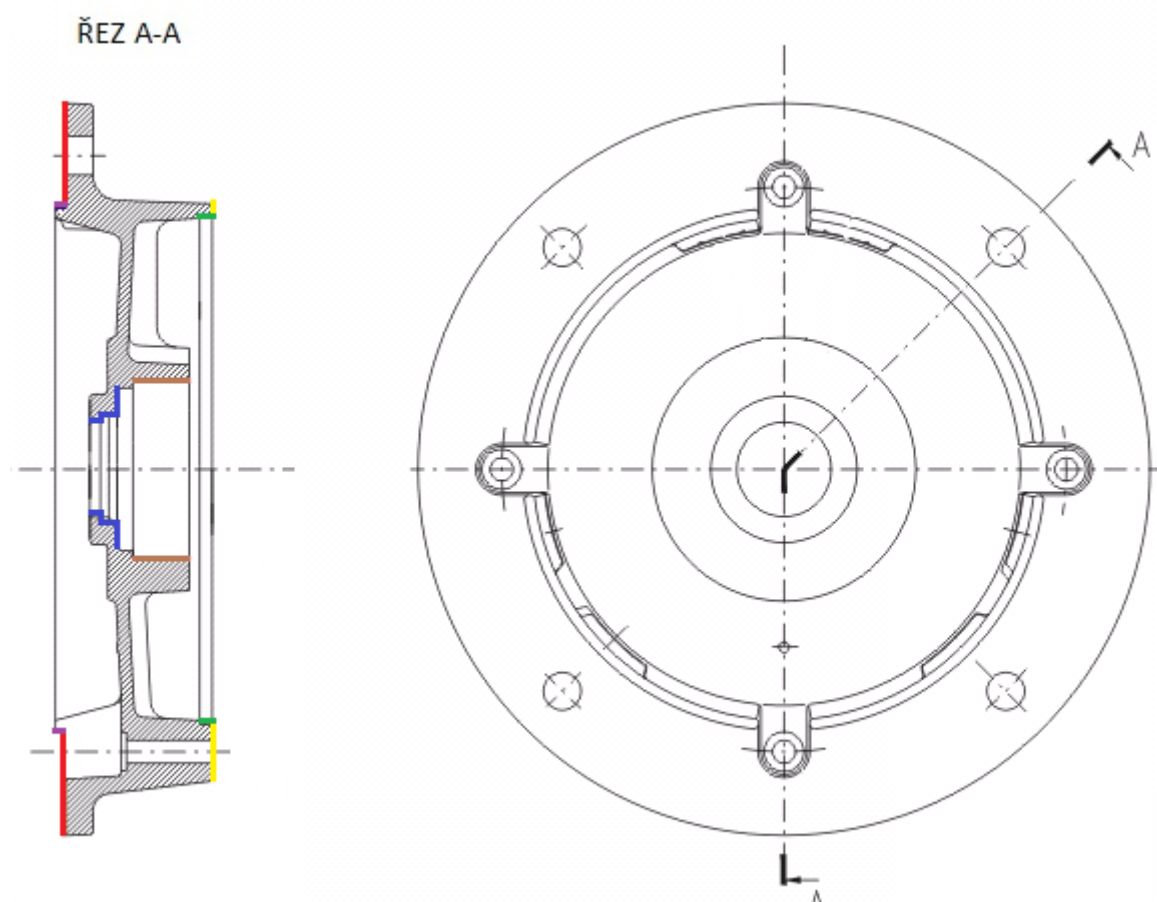
povel k případným korekcím nástrojů. Pokud je dílec v předepsaných tolerancích je dílec manipulátorem uchopen a přepraven na vozík. Po vyjetí dílce ze stroje obsluha provede vyjmutí dílce, popřípadě provede očištění. Po očištění provede obsluha předepsanou kontrolu jiných rozměrů.

4.3 Návrh technologie obrábění štítu

Danou součást je nutno obrábět z obou funkčních stran. Všechny prováděné operace na dané součásti jsou prováděny na jedno upnutí, bez otáčení součásti, čímž se celý proces jednoznačně zrychluje a také je zabezpečeno, že nemůže docházet ke zmetkovitosti způsobené nesprávným upnutím při otáčení. Obrobek je nejprve oboustranně hrubován. (viz obr.č.12). Po hrubování se provede vyvrtání mimostředných otvorů. Po hrubování a navrtání otvorů se provedou případné korekce nástrojů, je-li to z hlediska rozměrových hodnot naměřených na předešlém kusu potřeba. Na konec se součást soustruží na hotovo zase z obou funkčních stran (viz obr.č.13).



Obr.č.12 Hrubování odlitku



- Na hotovo čelo příruby Rz 25
- Na hotovo nákržek na přírubě $\varnothing 250$ j6
- Na hotovo čelní motorová strana
- Na hotovo $\varnothing 244$ H6
- Na hotovo dno, osazení a otvor pro uložení hřídele
- Na hotovo otvor pro uložení ložiska $\varnothing 85$ H6

Obr.č.13 Hotově odlitek

Pro hrubovací operace na ložiskovém štítu elektromotoru ve firmě Siemens Mohelnice se používá nástroj od firmy Kennametal. Jak z technického, tak s ekonomického hlediska se jako nejvýhodnější jeví pro hrubování čela motorové strany (Operace č.1) destička typu SNMG 120412 KC9325 UN. Tato řezná destička má osm řezných hran a při obrábění se ostavuje na úhel řezu 45° .

Další operací, která je na ložiskovém štítu prováděna je hrubování nákrůžku motorové strany a uložení pro ložisko (operace č.2), které se provádí nástrojem od firmy Kennametal typu WNMG 080412 – RN KC9110. Po této operaci se provádí hrubování příruby a nákrůžku (operace č.3), které se provádí stejným nástrojem, který je používán pro hrubování ploch při druhé operaci, ale za použití jiných nožových držáků.



Obr.č.14 VBD používané pro hrubování



Obr.č.15 Nožové držáky pro upínání VBD při hrubování

Při soustružení na hotovo se používá několik nástrojů z důvodu větší stability a přesnosti rozměrů. Při obrábění všech průměrů na ložiskovém štítu elektromotoru jsou použity tři nástroje. Největší důraz je kladen na přesnost rozměru a plochy pro uložení ložiska. Tento rozměr je obráběn s přesností IT 6 a je velmi důležitý pro uložení rotoru elektromotoru. Tolerance házivosti a vyosení tohoto rozměru zajišťuje přesnou vzduchovou mezeru mezi rotorem a statorem. Na obrábění této plochy je použita v současné době keramická destička typu CNMA120404- KY1615 za použití upínače typu C4 PCLNR -17090-12.



Obr.č.16 VBD a nástrojový držák pro obrábění ložiskového náboje

Tato keramická destička disponuje osmi řeznými hranami a malým rádiusem špičky, který je $R\ 0,4$. Destička se osvědčila jak z hlediska drsnosti a nosného podílu, tak i z hlediska dodržení přesné válcovitosti. Úhel čela, který je u této destičky negativní zatahuje mikropóry v litině a stabilně drží rozměr v požadovaných tolerancích rozměrů. Nevýhodou těchto nástrojů je, že při obrábění nábojů menších průměrů (32 – 70 mm) je největší problém dosažení dostatečné řezné rychlosti pro tento nástroj. Proto pro obrábění těchto nábojů se používají destičky ze SK.

Této destičky se ještě využívá na obrábění osazení pro přesné vystředění štítu na stator elektromotoru. Plocha pro osazení těsnícího kroužku, průchozí otvor pro hřídel a dna náboje pro hřídel je zhotovováno kvůli potřebnému zápichu na dně náboje destičkou typu DNMG110408-NM WAK10.

K soustružení čela motorové strany na hotovo je použita destička SNGN120408 NM WAK30 za použití nožového držáku MSSNR 2525 M12. Destička je při obrábění nastavena na úhel řezu 75° .



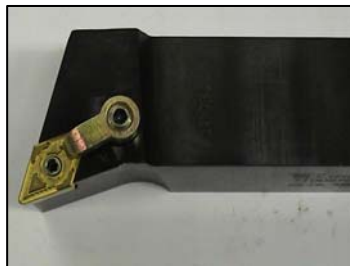
Obr.č.17 VBD a nástrojový držák pro obrábění čela motorové strany

K soustružení čela příruby na hotovo je použita destička WNMG080408 FW KC9110 za použití nožového držáku MWLNL 2525 M12. Rádus špičky, který je R0,8 zajišťuje velmi malý řezný odpor, který je velmi významný k dodržení tolerance házivosti na této ploše. Při použití povlakovaných destiček lze dosáhnout velkých řezných rychlostí a posuvů a to i za dodržení předepsaných drsností ploch.



Obr.č.18 VBD a nástrojový držák pro obrábění čela příruby

K soustružení nákržku na přírubě na hotovo je použita destička DNMG110404 FW KC9110 za použití nožového držáku MDHNL 2525 M11. Tento nákržek na přírubě má předepsanou toleranci IT 6 a je jeden z důležitých rozměrů na této přírubě. Tato destička má špičku opatřenou krystalem z kubického nitridu boru (KNB). Nástroj se při obrábění nastavuje na úhel řezu 93°. Kubický nitrid boru je zde možné na této operaci použít, protože se obrábí na velkém průměru (250 mm), kde je možno dosáhnout velkých řezných rychlostí (v_c) ($1000 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$).

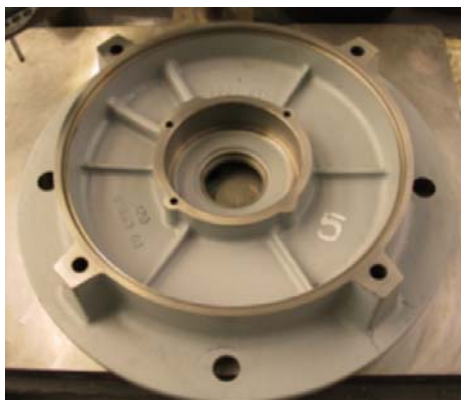


Obr.č.19 VBD a nástrojový držák pro obrábění nákržku na přírubě

Pro vrtání mimostředných otvorů 4x průměr 11mm se používají dvou a tří bříte monolitní karbidové vrtáky od firmy Kennametal a pro vrtání otvorů 4x průměr 18,5 mm se používají vrtáky s VBD od firem Pramet a Kennametal.



Obr.č.20 Karbidový vrták s upínací hlavičkou



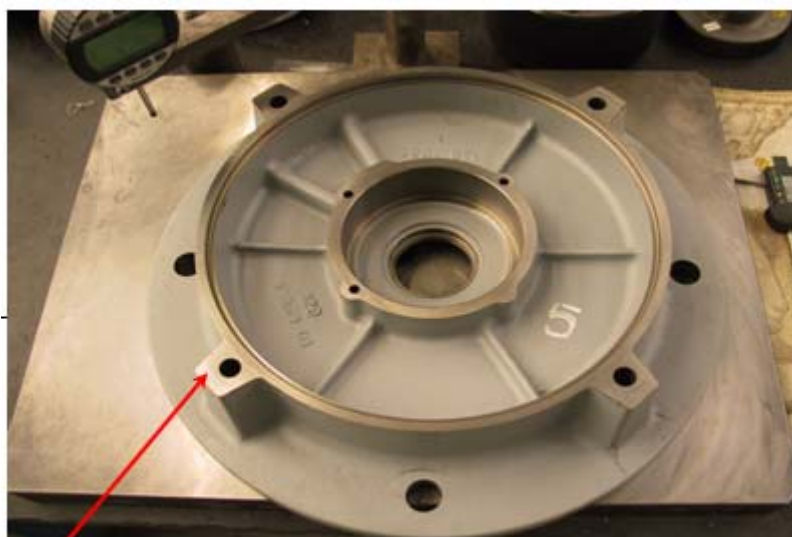
Obr.č. 21 Obrobený štít elektromotoru

5. POPIS A VÝSLEDKY EXPERIMENTŮ

Všechny pokusy řezných nástrojů, které byly zkoušeny v této práci se prováděli na obráběcím centru EMAG VSC 315. Jako obrobek byl zvolen ložiskový štít elektromotoru pro největší motory, které se ve firmě Siemens Mohelnice vyrábí a to motory o osově výšce 160 mm. Všechny testy byli prováděny v rámci úspory na hrubovacích operacích hrubovacími nástroji. První nástroj byl zvolen od výrobce Kennametal a druhý nástroj od výrobce Walter. V obou případech se obrábělo bez chlazení.

5.1 Testy a výsledky nástrojů

5.2 Hrubování čela motorové strany.



Obrábění předního čela nahrubo - přerušovaný řez

Řezné nástroje byli zkoušeny při řezných podmínkách, které byli stanoveny od výrobce jako optimální a to vždy na třech destičkách, což je na 24 hranách. Řezné podmínky, které byly stanoveny při této operaci pro první nástroj Kennametal- SNMG 120412 KC9325 UN , můžeme vidět v tabulce č.3.

Kennametal-SNMG 120412 KC9325	
Řez. rychl. (V_c [m/min]):	300
Posuv na ot. (s [mm]):	0,4
Hloubka řezu (a_p [mm]):	2
Počet řezů / obrobek:	1
Chlazení:	ne
Přerušovaný řez:	těžký

Tab.č.3 Řezné podmínky pro Kennametal- SNMG 120412 KC9325 UN

Jednotlivé výsledky řezných hran jsou uvedeny v tab.č.4.

Kannemetal- SNMG 120412 KC9325 UN					
řezná hrana	Trvanlivost	řezná hrana	Trvanlivost	řezná hrana	Trvanlivost
1	72	9	75	17	74
2	75	10	74	18	75
3	74	11	74	19	77
4	76	12	76	20	75
5	74	13	78	21	75
6	76	14	75	22	74
7	75	15	77	23	73
8	77	16	74	24	76
Průměrná trvanlivost (ks)					75,04

Tab.č.4 Výsledky jednotlivých řezných hran

Při zkoušení nástroje Kennametal- SNMG 120412 KC9325 UN bylo průměrně docíleno obrobení 75 kusů ložiskových štítů. Opotřebení jednotlivých řezných hran destiček po obrobení těchto uvedených kusů bylo velmi velké a destička nebyla schopna dále obrábět. Po odzkoušení, byl tento nástroj vyměněn za nástroj druhý a to nástroj Walter-WMNG 120412-NM5 WAK 20. Řezné podmínky pro tento nástroj jsou uvedeny v tabulce č.5.

Walter-WMNG 120412-NM5 WAK 20	
Řez. rychl. (V_c [m/min]):	320
Posuv na ot. (s [mm]):	0,5
Hloubka řezu (a_p [mm]):	2
Počet řezů / obrobek:	1
Chlazení:	ne
Přerušovaný řez:	těžký

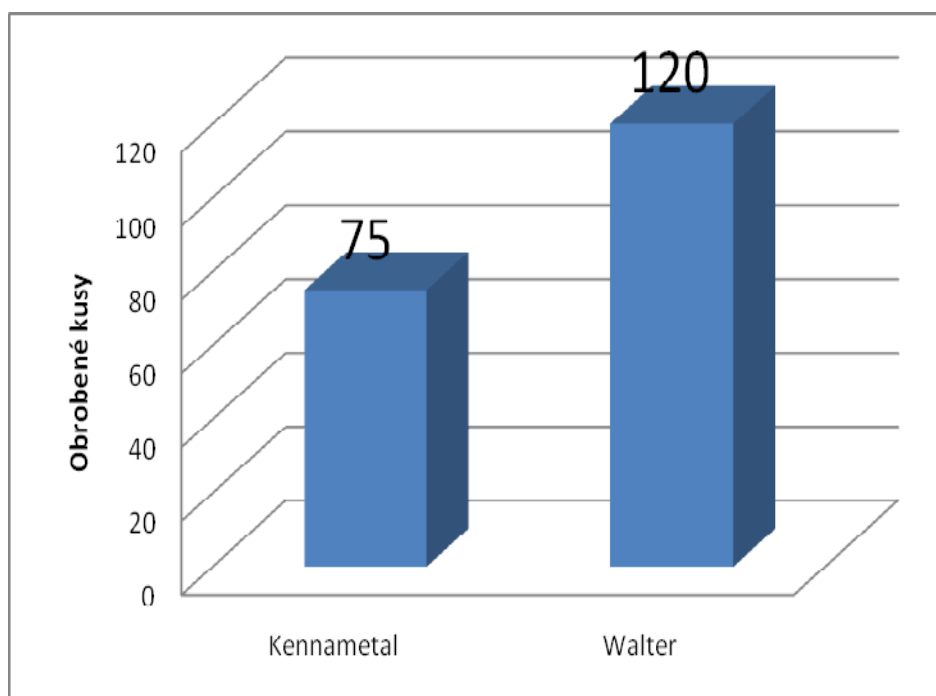
Tab.č.5 Řezné podmínky pro Walter-WMNG 120412-NM5 WAK 20

Jednotlivé výsledky řezných hran jsou uvedeny v tab.č.6.

Walter-WMNG 120412-NM5 WAK 20					
řezná hrana	Trvanlivost	řezná hrana	Trvanlivost	řezná hrana	Trvanlivost
1	123	9	122	17	122
2	120	10	120	18	120
3	118	11	118	19	122
4	121	12	119	20	119
5	120	13	121	21	120
6	117	14	123	22	121
7	119	15	119	23	121
8	119	16	120	24	118
Průměrná trvanlivost (ks)					120,08

Tab.č.6 Výsledky jednotlivých řezných hran

Po odzkoušení nástroje Walter-WMNG 120412-NM5 WAK 20 při zvolených řezných podmínkách bylo průměrně dosaženo obrobení 120 kusů, což je o 45 kusů více než nástrojem Kennametal- SNMG 120412 KC9325 UN. Tento nástroj zvládl průměrně obrobit 120 kusů do úplného opotřebení, kdy už nebyl nástroj schopen obrábět. I přes těžký přerušovaný řez byl nástroj schopen docílit těchto dobrých výsledků oproti nástroji Kennametal- SNMG 120412 KC9325 UN. Výsledky odzkoušených nástrojů můžeme vidět z grafu.



Obr.č. 22 Graf počtu obrobených kusů

6.EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ

6.1 Výpočet hospodárnosti pro zkoušené nástroje

Náklady na nástroje: (A)

Nástroj Kennametal- SNMG 120412 KC9325

Legenda používána pro výpočet:

A1 - Roční náklady na nástroje

B1 – Roční produkce obrobených kusů140 000 kusů

C1 – Náklady na nástroje/obrobek

D1 – Počet obrobených kusů.....75 kusů

E1 – Náklady na řeznou hranu

F1 – Počet řezných hran na destičce.....8

G1 – Cena VBD za kus.....148.00 Kč

Kennametal - SNMG 120412 KC9325 UN					
Náklady na řeznou hranu –E1	G1	:	F1	=	E1
	148	:	8	=	18,5
Náklady na nástroj / obrobek-C1	E1	:	D1	=	C1
	18,50	:	75,00	=	0,25
Roční náklady na nástroje-A1	B1	:	C1	=	A1
	140000	:	0,25	=	34533,33

Nástroj Walter-WMNG 120412-NM5 WAK 20

Legenda používána pro výpočet:

A2 - Roční náklady na nástroje

B2 – Roční produkce obrobených kusů140 000 kusů

C2 – Náklady na nástroje/obrobek

D2 – Počet obrobených kusů.....120 kusů

E2 – Náklady na řeznou hranu

F2 – Počet řezných hran na destičce.....8

G2 – Cena VBD za kus.....155.00 Kč

Walter-WMNG 120412-NM5 WAK 20					
Náklady na řeznou hranu –E2	G2	:	F2	=	E2
	155	:	8	=	19,375
Náklady na nástroj / obrobek-C2	E2	:	D2	=	C2
	19,38	:	120,00	=	0,16
Roční náklady na nástroje-A2	B2	:	C2	=	A2
	140000	:	0,16	=	22604,17

Roční úspora nákladů na nástroje:

$$A1 - A2 = A$$

$$34533,33 - 22604,17 = \underline{\underline{11929,16}} \text{ Kč}$$

Strojní náklady: (H)

Nástroj Kennametal- SNMG 120412 KC9325

Legenda používána pro výpočet:

H1 – Strojní náklady za rok

B1 – Roční produkce obrobených kusů140 000 kusů

I1 – Náklady na obrábění

J1 – Hlavní strojní čas (th[min]).....0,3

K1 – Hodinová sazba stroje.....748

Kennametal- SNMG 120412 KC9325 UN							
Náklady na obrábění – I1	J1	*	K1	:	60	=	I1
	0,3	*	748	:	60	=	3,74
Strojní náklady za rok – H1	B1	*	I1			=	H1
	140 000	*	3,74			=	523600,0

Nástroj Walter-WMNG 120412-NM5 WAK 20

Legenda používána pro výpočet:

H2 – Strojní náklady za rok

B2 – Roční produkce obrobených kusů140 000 kusů

I2 – Náklady na obrábění

J2 – Hlavní strojní čas (th[min]).....0,25

K2 – Hodinová sazba stroje.....748

Walter-WMNG 120412-NM5 WAK 20							
Náklady na obrábění – I2	J2	*	K2	:	60	=	I2
	0,25	*	748	:	60	=	3,12
Strojní náklady za rok – H2	B2	*	I2			=	H2
	140 000	*	3,12			=	436333,3

Roční úspora strojních nákladů:

$$H1 - H2 = H$$

$$523600 - 436333,3 = \underline{\underline{87266,7}} \text{ Kč}$$

Náklady na výměnu nástrojů:(M)

Nástroj Kennametal- SNMG 120412 KC9325

Legenda používána pro výpočet:

M1 – Roční náklady na výměnu nástroje

N1 – Počet výměn nástrojů za rok

O1 – Náklady na výměnu nástroje

B1 – Roční produkce obrobených kusů.....140 000 kusů

D1 – Počet obrobených kusů75 Kusů

E1 – Čas výměny nástroje.....3 min

K1 – hodinová sazba stroje.....748 Kč

Kennametal- SNMG 120412 KC9325 UN							
Náklady na výměnu nástroje-O1	E1	*	K1	:	60	=	O1
	3	*	748	:	60	=	37,40
Počet výměn nástroje za rok-N1	B1	:	D1			=	N1
	140000	:	75			=	1866,67
Roční náklady na výměnu-M1	O1	*	N1			=	M1
	37,40	*	1866,67			=	69813,33

Nástroj Walter-WMNG 120412-NM5 WAK 20

Legenda používána pro výpočet:

M2 – Roční náklady na výměnu nástroje

N2 – Počet výměn nástrojů za rok

O2 – Náklady na výměnu nástroje

B2 – Roční produkce obrobených kusů.....140 000 kusů

D2 – Počet obrobených kusů120 Kusů

E2 – Čas výměny nástroje.....3 min

K2 – hodinová sazba stroje.....748 Kč

Walter-WMNG 120412-NM5 WAK 20						
Náklady na výměnu nástroje-O2	E2	*	K2	:	60	= O2
	3	*	748	:	60	= 37,40
Počet výměn nástroje za rok-N2	B2	:	D2			= N2
	140000	:	120			= 1166,67
Roční náklady na výměnu-M2	O2	*	N2			= M2
	37,40	*	1166,67			= 43633,33

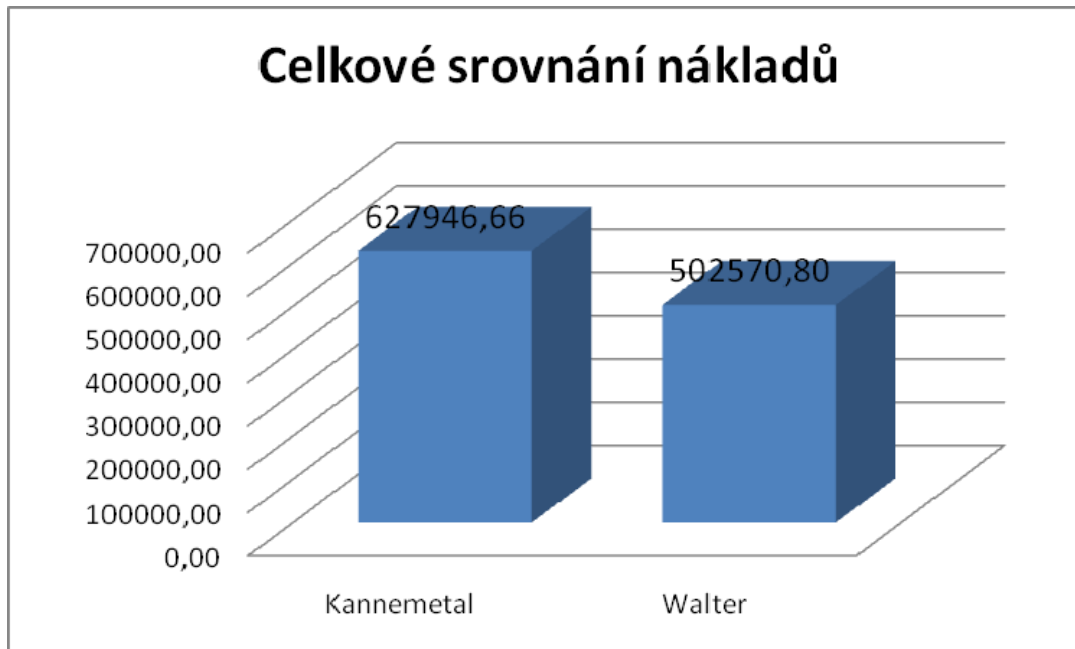
Roční úspora nákladů na výměnu nástroje:

$$M1 - M2 = M$$

$$69813,33 - 43633,33 = \underline{\underline{26180}} \text{ Kč.}$$

Celkové srovnání nákladů

Celkové srovnání nákladů			
	Kannemetal	Walter	Úspory
Náklady na nástroje-A	34533,33	22604,17	11929,16
Strojní náklady-H	523600,00	436333,30	87266,70
Náklady na výměnu nástrojů-M	69813,33	43633,33	26180,00
Σ	627946,66	502570,80	125375,86



Obr.č. 23 Graf celkového srovnání nákladů

7. ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala porovnáváním dvou nástrojů ze slinutých karbidů, které jsou od různých výrobců a jejich následné ekonomické a hospodářské vyhodnocení.

V úvodu práce byla v krátkosti zmíněna historie závodu SIEMENS s.r.o Mohelnice, problematika obrábění ložiskových štítů elektromotorů, strojní vybavení a nástrojové vybavení, které se používá na opracování těchto štítů.

Práce byla prováděna na stroji EMEG VSC 315, který je ve firmě SIEMENS používán pro opracování ložiskových štítů odlitých ze šedé litiny. Jako obrobek byl právě zvolen tento ložiskový štít elektromotoru s osovou výškou 160 mm.

Na tomto obrobku se obrábí několik ploch, které můžete vidět na obr.č.12 v této práci. Pro naše zkoušení těchto dvou nástrojů byla vybrána operace hrubování čela motorové strany, která disponuje velmi těžkým přerušovaným řezem.

Jako první pro naše zkoušky byl zvolen nástroj Kennametal- SNMG 120412 KC 9325 UN a jako druhým byl zvolen nástroj Walter-WMNG 120412-NM5 WAK 20.

Z provedených zkoušek a následných provedených propočtů mohu říci, že kdyby se vybraná plocha na našem dílci obráběla nástrojem Kennametal- SNMG 120412 KC 9325 a následně se přešlo na nástroj Walter-WMNG 120412-NM5 WAK 20, činila by roční úspora nákladů na nástroje 11929,16 Kč. Z dalších propočtů by byla úspora strojních nákladů za rok 87266,7 Kč a roční úspora na výměnu nástroje by činila 26180 Kč.

Po sečtení jednotlivých dílčích propočtů by celková roční úspora byla 125375,86 Kč.

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- [1] Propagační materiály firmy SIEMENS Mohelnice
- [2] MOHYLA M.: Strojírenské materiály. Skripta VŠB, Ostrava, 2006.
ISBN 80 – 248 – 0270 – 8.
- [3] MRKVICA I.: Návod ke cvičení z obráběcích nástrojů 1. část. Skripta VŠB,
Ostrava, 2008. ISBN 978 – 80 – 248 – 1053 – 9.
- [4] HUMÁR A.: Materiály pro řezné nástroje. Brno : MM Publishing Praha, 2008, 235
s. ISBN 978 – 80 – 254 – 2250 – 2.
- [5] Interní materiály firmy SIEMENS Mohelnice včetně internetových stránek
www.siemens.com .
- [6] Internetové stránky www.walter-ag.com a www.kennametal.com

9. SEZNAM PŘÍLOH

Číslo	Název	Počet stran
1	Výkres opracovaného štítu elektromotoru	1
2	Obráběcí centra pro obrábění ložiskových štítů	2
3	Pracovní prostor stroje pro opracování štítu	1